

## **Гравітаційна сепарація**

УДК 622.7

**В.Г. МАМРЕНКО,**

**А.К. СОКУР**

(Украина, Днепропетровск, ГП "Укрнииуглеобогащение")

### **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ВИНТОВЫХ СЕПАРАТОРОВ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ УКРАИНЫ**

Закономерность применения винтовых сепараторов базируется на низких эксплуатационных затратах при достаточно высокой эффективности разделения исходного угля на фракции различных плотностей, особенно при выделении высокозольных тяжелых фракций. Можно утверждать, что это наименее затратное оборудование, применяемое в гравитационных процессах обогащения. В нем отсутствуют подвижные части, приемники электроэнергии, не используются реагенты и другие расходные материалы, а процесс разделения происходит при самотеке материала по криволинейной поверхности в результате действия гравитационной и центробежной сил.

Первые упоминания о применении винтовых сепараторов для обогащения относятся к 30-40 годам минувшего столетия. В работах Д. Митчелла [1] приводится описание спирального сепаратора Гемфри (Хемфри), применявшегося в 1943 году в штате Орегон (США) для получения хромитового концентрата из морских песков. Позже этот сепаратор стал применяться для извлечения антрацитов из старых отвалов. Этот сепаратор имел основные конструктивные особенности и технологические функции, присущие современным сепараторам: наличие загрузочного и разгрузочного устройств, возможность разгрузки тяжелого продукта после каждого витка, пересчетка промпродукта на последующих витках, подача смывной воды из желобка на внутренней кромке желоба.

Новое развитие технологий, основанных на использовании метода мокрой винтовой сепарации (МВС), произошло, начиная с конца 70-х годов, когда появилась необходимость и экономическая целесообразность разработки техногенных месторождений, возникших при складировании жидких отходов обогащения угля. Эти месторождения разрабатывались передвижными установками, для оснащения которых требовалось легко перемещаемое оборудование. В результате возникшего спроса зарубежными фирмами "Минерал Депозитс", "Шоуэнбург Тинерко", "Мультитек", "Кребс" и др. разработаны и производятся винтовые сепараторы различных конструкций, которые применяются как при извлечении углесодержащих фракций из осадка илонакопителей, так и в технологических схемах обработки шламовых продуктов углеобогажительных фабрик [2].

В Украине первый комплекс, оснащенный винтовыми сепараторами "Мультитек", был смонтирован в 1994 году на ЦОФ "Торезская" для обогащения антрацитового шлама из илонакопителя – осадок илонакопителя зольностью 45...50% подвергается контрольному грохочению по классу 3 мм, подситный продукт после обезвоживания в гидроциклонах обогащается в две стадии

на винтовых сепараторах. Большая часть воды после первой стадии выделяется вместе с концентратом, поэтому перед второй стадией обогащения ее питание сгущается в гидроциклонах. Концентрат второй стадии после сброса воды на неподвижных ситах и на грохоте обезвоживается в центрифугах. Зольность концентрата в соответствии с нормативными требованиями составляла 12...14%, при этом в случае необходимости возможно получение концентрата зольностью 6,5%. Зольность отходов при выделении двух конечных продуктов (без промпродукта) составляла 62,2% [3, 4].

В 1995 году на ЦОФ "Калининская", где обогащаются коксовые угли марок К, С и Т для исследования по заказу Минуглепрома Украины технологии разделения отходов флотации по крупности и плотности была создана промышленная стендовая установка [5], состоящая из спирального классификатора 2КСП-12, двух винтовых шлюзов ШВ2-1000, баков исходного продукта и продуктов разделения винтовых шлюзов, смесительного бака с циркуляционным насосом, перекачивающих шламовых насосов ШН-50 и ШН-250. Исходным материалом служил осадок илонакопителя, взятый в произвольных точках, доставляемый автотранспортом на установку. Влажность осадка составляла 15...20%, зольность – 64,4%. В классификаторе 2КСП-12 осуществлялось разделение исходного на зернистую и илистую составляющие. Ограниченность объема оборудования для размыва осадка – классификатора и смесительного бака – приводила к быстрому насыщению пульпы твердыми частицами, процесс разделения по крупности замедлялся при содержании твердого  $200 \text{ кг/м}^3$ , в чем свидетельствовало наличие комков осадка в пульпе. При разбавлении пульпы технической водой до плотности  $50 \text{ кг/м}^3$  разделение резко возрастало. Это позволяет сделать вывод о том, что для вывода осадка из агрегатного состояния, без наличия сrostков, его нужно вернуть в первоначальное состояние жидких отходов флотации с содержанием твердого  $50\text{-}100 \text{ кг/м}^3$ .

Полученный в классификаторе зернистый шлам обогащался на винтовых шлюзах, желоба которых имеют профиль поперечного сечения в виде усеченного прямоугольника с уклоном основания  $5^\circ$  в направлении оси аппарата. Такой профиль дает возможность обогащать более тонкий шлам; отличается стабильностью состава расслоившихся по ширине желоба фракций различной плотности, особенно легких, которые концентрируются в зоне возле наружного борта, представляющей собой угол  $95^\circ$ ; обеспечивает стабильные показатели при изменении объемной нагрузки. Результаты работы винтовых шлюзов, полученные в ходе приемочных испытаний установки, приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, зольность отобранного после отсекателя концентрата составила 27,3%. При обезвоживании и удалении при этом тонких высокозольных классов его зольность снижается до 21,8% и находится в пределах требований к энергетическому концентрату. При присоединении зернистой части промпродукта (+0,2 мм) к концентрату суммарная зольность концентрата составляла 23,1% при выходе 28,4%. Зольность отходов равнялась 80,1%.

Полученные при испытаниях стендовой установки положительные результаты дали повод для внедрения на ЦОФ "Калининская" технологии обработки и

## Гравітаційна сепарація

обогащения первичного шлама подситного продукта узла дешламации угля перед отсадкой с применением винтовых сепараторов "Мультотек", которая функционирует в настоящее время. Нагрузка по исходному шламу составляет 60 т/ч. При средней зольности исходного шлама 25% зольность концентрата составляет 10...11%. Концентрат сепараторов обезвоживается совместно с концентратом отсадки в центрифугах до общей влажности 9...10%. Промпродукт сепараторов зольностью 40% направляется в промпродуктовые элеваторы отсачных машин, отходы зольностью 75% совместно с отходами флотации перекачиваются в илонакопитель. Производительность винтового шлюза по исходному составляла 2 т/ч при плотности питания 223 кг/м<sup>3</sup>. Дальнейшие исследования показали, что эффективное разделение шлама происходит при содержании твердого до 500...600 кг/м<sup>3</sup>, что при нагрузке на сепаратор по пульпе 8,5-13,5 м<sup>3</sup>/ч соответствует производительности 4,2-8,1 т/ч по твердому.

Таблица 1

Результаты процесса разделения зернистой части отходов флотации на винтовых шлюзах ВШ2-1000 на ЦОФ "Калининская"

Класс крупности, мм	Исходный		Концентрат			Промпродукт			Отходы		
	выход, %	зола, %	выход к продукту, %	выход к исходному, %	зола, %	выход к продукту, %	выход к исходному, %	зола, %	выход к продукту, %	выход к исходному, %	зола, %
+1	2,5	31,2	2,9	2,0	21,7	0,67	0,1	40,0	2,3	0,4	76,3
0,5-1	12,0	35,2	15,3	10,3	29,0	1,8	0,2	45,0	7,5	1,5	76,3
0,2-0,5	20,3	32,9	21,1	14,2	16,6	4,8	1,6	47,9	23,3	4,5	79,0
-0,2	65,2	44,4	60,7	40,9	31,2	85,9	11,4	50,3	66,9	12,9	81,0
Итого	100,0	40,6	100,0	67,4	27,3	100,0	13,3	49,9	100,0	19,3	80,1
Производительность, ч	1,92		1,30			0,25			0,37		
Производительность по пульпе, м <sup>3</sup> /ч	8,6		7,4			0,6			0,6		
Содержание твердого, кг/ м <sup>3</sup>	223		175			425			616		

На ЦОФ "Добропольская" при участии Укрнииуглеобогащения были разработаны и испытаны различные варианты применения винтовых шлюзов – для обогащения выделенного из слива пирамидальных сгустителей шлама, для получения низкозольной зернистой присадки в питание дисковых вакуум-фильтров, для переобогащения отходов флотации.

Вся шламовая вода поступает в пирамидальный сгуститель, откуда сгущенный продукт возвращается в голову процесса фабрики, а слив после сгущения в гидроциклонах ГЦ-1000 подается самотеком на обогащение в винтовые шлюзы ШВ2-1000. При необходимости сгущенный продукт гидроциклонов разбавляется технической водой. Содержание твердого при пуско-наладочных

работах изменялось от 420 до 850 кг/м<sup>3</sup>, производительность по пульпе – от 4,5 до 11,5 м<sup>3</sup>/ч, по твердому – от 1,9 до 6,3 т/ч. Наиболее высокие качественные показатели продуктов разделения были получены при объемной нагрузке 11,5 м<sup>3</sup>/ч и содержании твердого в исходной пульпе 430 кг/м<sup>3</sup>, что соответствует нагрузке 5,0 т/ч по твердому с зольностью 30%.

Зольность не обезвоженного концентрата равнялась 22,7% при выходе его 88,1%. Зольность класса +0,25 мм, который улавливается при обезвоживании, составляла 8,7% при выходе 59,8% к исходному. Суммарная зольность пром-продукта и отходов – 80,2% при выходе 11,9%.

Проведенные технические анализы продуктов разделения показали также снижение содержания серы в концентрате по отношению к исходному с 3,43 до 2,88%, т.е. в процессе МВС наряду с снижением зольности происходит обесшесивание шлама при выделении с отходами пирита (пиритной серы).

После привлечения к обогащению на ЦОФ "Добропольская" павлоградских углей произошло ухудшение показателей работы дисковых вакуум-фильтров – уменьшилась производительность по концентрату с 28,2 до 24,6 т/ч и возросла влажность кека с 29,2 до 32,5%, что объясняется снижением средней крупности флотоконцентрата с 0,14 до 0,12 мм и повышением его зольности с 12,0 до 18,2% [6]. Укрниуглеобогащением были предложены технические решения, связанные с добавкой в питание дисковых вакуум-фильтров зернистой присадки. Для этого часть сгущенного в гидроциклонах ГЦ-1000 слива пирамидальных сгустителей направляется на обогащение на винтовых шлюзах ШВ2-1000. Концентрат шлюзов обесшламливается на неподвижном шпальтовом сите по классу 0,35 мм, после чего в коллекторе перемешивается с пенным продуктом флотомашин. Эта смесь подается в ванну вакуум-фильтра. Количество зернистой присадки в питании фильтра колеблется от 1,8 до 6,2 т/ч или от 6,7 до 27,05%, средний диаметр осадка достигает 0,16...0,49 мм при среднем диаметре присадки 0,27...0,56 мм.

Испытания показали, что производительность вакуум-фильтра с добавлением присадки возросла в среднем на 5,5 т/ч (с 26,1 до 31,6 т/ч), а влажность осадка снизилась в среднем на 1,4%. Анализ работы фильтра дает возможность сделать вывод, что зольность концентрата винтового шлюза для присадки должна быть сопоставима с зольностью пенного продукта флотации, но не больше 15%.

Отходы флотации на ЦОФ "Добропольская" сгущались в гидроциклонах ГЦ-350, сгущенный продукт гидроциклонов в количестве 24 м<sup>3</sup>/ч при содержании твердого 180 кг/м<sup>3</sup>, подавался на двухстадиальную схему переобогащения [7]. Концентрат первой стадии направляется на винтовой шлюз второй стадии. Промпродукт и отходы первой и второй стадии общей зольностью до 75% сбрасывались в илонакопитель.

Зольность концентрата второй стадии составляла 28,3%. Последующая дешламация концентрата по крупности 0,2 мм позволяла получить продукт зольностью 10,8% при выходе 15...20% от исходной нагрузки.

В настоящее время на ЦОФ "Добропольская" функционирует технологический процесс обогащения мелкозернистого шлама методом МВС. Исходным продуктом двенадцати сепараторов "Мультитек" является часть первичного

## **Гравітаційна сепарація**

шлама (подситного обесшламливания перед мелкой отсадкой) и сгущенный в ГЦ-1000 слив пирамидальных сгустителей. На обогащение поступает 100-110 т/ч шлама зольностью 40%. Содержание твердо в питании – 350-360 кг/м<sup>3</sup>. Отходы в количестве 20-22 т/ч зольностью до 80% сбрасываются в илонакопитель. Концентрат и промпродукт общей зольностью 30% совместно сгущаются в гидроциклонах ГЦ-250, затем обезвоживаются на грохотах ГВЧ-30 и в центрифугах Ц<sub>ф</sub>Ш<sub>н</sub>В-1,00-ВМ. Осадок центрифуг зольностью 20%, влажностью 17...18% присаживается к общему концентрату. Выпуск концентрата МВС составляет 25 т/ч или 4% от исходной нагрузки на фабрику.

На ЦОФ "Узловская" применение МВС вместо пенной сепарации шлама крупностью 0,5-2 мм позволило не только улучшить показатели обогащения, но и значительно снизить эксплуатационные расходы на реагенты, электроэнергию и т.д. Сгущенный в установленных последовательно гидроциклонах ГЦ-1000 и ГЦ-630 шлам с содержанием твердого не менее 400 кг/м<sup>3</sup> подается на 6 винтовых шлюзов ШВ2-1000. Концентрат шлюзов обезвоживается в вакуум-фильтрах, промпродукт и отходы – в соответствующих элеваторах мелкой отсадки. Зольность и выход концентрата шлюзов составляет 15 и 76,5%, промпродукта – 62 и 12%, отходов – 78,5 и 11,5%. По сравнению с зольностью отходов пенной сепарации зольность отходов шлюзов возросла почти на 30%, а общий выход концентрата на фабрике увеличился на 1,1%. Прибыль в результате применения взамен пенной сепарации процесса МВС составила 500 тыс. грн в год на один винтовой шлюз в масштабе цен 1997 года [7].

На ЦОФ "Колосниковская" сепараторы "Мультитек" применяются для обогащения первичного шлама, выделяемого на неподвижных шпальтовых ситах по граничному зерну 3мм. На сепараторах выделяется два продукта – концентрат и отходы. В состав концентрата направляется и промпродукт. При зольности исходного 24,8% обезвоженный в центрифугах Ц<sub>ф</sub>Ш<sub>н</sub>В-1,00-ВМ концентрат имеет зольность 15,2%, отходы, направляемые в породный элеватор – 78,4%. Выход концентрата МВС к рядовому углю составляет 10,8%, выход отходов – 2,4%.

На ЦОФ "Чумаковская" питанием винтовой сепарации являются подситные продукты двух конусных грохотов КЦГД-7. На КЦГД-7 первой секции поступает сгущенный продукт конусного сгустителя – частично обогащенный вторичный шлам. На КЦГД-7 второй секции происходит обесшламливание угля перед отсадкой и выделяется рядовой первичный шлам. Подситные продукты конусных грохотов объединяются и обезиваются на плоском неподвижном шпальтовом сите по классу 0,5 мм. На винтовые сепараторы поступает 300 м<sup>3</sup>/ч пульпы с содержанием твердого 500 кг/м<sup>3</sup>. Зольность концентрата, обезвоженного в центрифугах Ц<sub>ф</sub>Ш<sub>н</sub>В-1,00-ВМ составляет 7,5% при выходе 10,2% к рядовому углю, влажность 10,3%. Отходы МВС, к которым присаживается промпродукт, обезвоживаются в отдельном элеваторе. Зольность отходов находится в пределах 72...74%.

На обогатительной фабрике Макеевского КХЗ первичный и вторичный шламы обогащаются также совместно в соотношении 5:1. Подситный продукт обесшламливающих сит зольностью до 31% и сгущенный продукт классифика-

ции в гидроциклонах ГЦ-900 вторичного шлама зольностью до 20% самотеком поступают на обогащение в винтовых сепараторах без обезиливания. Крупность частиц питания сепараторов находится в пределах 0-3 мм, т.е. в винтовые сепараторы попадает шлам флотационной крупности, который в сепараторах обогащается только частично. Известно [8], что илистые частицы в потоках пульпы распределяются пропорционально объемам воды разделившегося потока, а не по плотностям. Зольность класса менее 0,08 мм в питании винтовых сепараторов составила 36,7% при выходе 29,3%, в концентрате – 35,8% при выходе 37,6%. Увеличение выхода класса менее 0,08 мм произошло потому, что основной объем воды и тонкие частицы скапливаются вместе с концентратом возле наружного борта желоба винтового сепаратора. После обезвоживания в центрифугах зольность этого класса снижается до 20,0%, но все же повышает общую зольность концентрата. В отходах винтовых сепараторов класс менее 0,08 мм с зольностью 48,5% снижает общую зольность отходов сепараторов.

Зольность обогащенного шлама, который поступает в присадку к коксовому концентрату, не превышает 10% при выходе 5% к нагрузке на фабрику, общая зольность отходов составляет 72,25 при выходе 3,3%.

На ЦОФ "Кураховская", "Украина" процесс МВС применяется для снижения зольности шлама, направляемого в энергетический концентрат. В данном случае сепарация шлама производится только в том случае, если его присадка к концентрату приводит к превышению норм качества товарной продукции.

На ЦОФ "Червоноградская", "Дзержинская", "Краснолиманская" созданы автономные установки для извлечения горючей массы из осадка илонакопителей с применением процесса МВС. Установка на ЦОФ "Дзержинская" впоследствии была закрыта по причине выработки запасов осадка.

Осадок илонакопителя ЦОФ "Червоноградская" размывается передвижным монитором. Пульпа подается в шламовый бассейн, который также оборудован монитором для размыва осадка, который доставляется автотранспортом. Размытый шлам в количестве 800 м<sup>3</sup>/ч с содержанием твердого 150-180 кг/м<sup>3</sup> и зольностью 52...55% через промежуточный бак поступает на грохот ГВЧ для контрольной классификации по размеру 3 мм. Подситный продукт сгущается в гидроциклонах "Кребс" диаметром 380 мм до содержания твердого 300-350 кг/м<sup>3</sup> и обогащается на трех батареях по десять штук двухпродуктовых двухзаходных винтовых сепараторов "Кребс". Концентрат сепараторов после сгущения в гидроциклонах обезвоживается на фильтр-прессе "Парнаби". Осадок фильтр-пресса зольностью до 30%, влажностью 25...30% при выходе 30...32% от исходного на установку направляется на сушку, а затем в погрузочные бункера. Отходы МВС и высокозольные сливы гидроциклонов с зольностью 65-70% сбрасываются в илонакопитель.

Осадок илонакопителя ЦОФ "Краснолиманская" перерабатывает ООО "Донуглекон". Шлам зольностью 55% переводится в пульпообразное состояние с помощью земснаряда и подается через осветлитель и гидроциклоны на трехзаходные семивитковые винтовые сепараторы "Мультитек". После четвертого витка сепараторов осуществляется разгрузка тяжелого продукта, а оставшийся шлам продолжает разделяться на последующих витках на три про-

## **Гравітаційна сепарація**

дукта – концентрат, промпродукт и отходы. Отходы МВС с зольностью около 70% сбрасываются в илонакопитель. Промпродукт как конечный продукт не выделяется по причине отсутствия на него спроса и распределяется между отходами и концентратом в зависимости от качества исходного шлама и требований к качеству концентрата. Предельная норма зольности концентрата равняется 12%. Суспензия концентрата сепараторов по трубопроводу перекачивается с илонакопителя в главный корпус фабрики, где происходит ее сгущение в гидроциклонах и обезвоживание в центрифугах Ц<sub>ф</sub>Ш<sub>н</sub>В-1,00-ВМ. Обезвоженный концентрат через ленточные весы присаживается к коксовому концентрату ЦОФ "Краснолимаская".

Перерабатывавшая осадок илонакопителя ЦОФ "Дзержинская" обогатительная установка (ОУ) "Дзержинскэнергоресурс" принимала нагрузку до 100 т/ч по твердому с зольностью от 17,5 до 65,1%. При высшем приделе зольности исходного ОУ выпускала энергетический концентрат зольностью до 30% при выходе 19...20% к исходному. В состав концентрата установки входил концентрат винтовых сепараторов с зольностью 35% при выходе 13,5% и флотоконцентрат с зольностью 15% при выходе 6,5%. Как видно из этих показателей снижение зольности товарного концентрата МВС по сравнению с исходным шламом составляет 30%. Дополнительное снижение зольности дает пневматическая флотомашинка – при зольности питания флотации 65% выпускался флотоконцентрат зольностью 15...16% при выходе 6,5% к исходному на установку. Особенностью ОУ "Дзержинскэнергоресурс", наряду с применением флотации, является выделение в чистом виде и перемелка промпродукта на второй стадии МВС, где выделяются отходы с зольностью 75% (выход 2,4%) и промпродукт, который после обработки до товарного состояния имеет зольность 40% и присаживается к общему концентрату ОУ.

Как показывает практика работы обогатительных фабрик, винтовые сепараторы применяются для обогащения как рядового шлама, так и шлама полученного при совместной обработке рядового и вторичного шлама в одну или две стадии с целью снижения его зольности перед присадкой и общему концентрату. В большей мере это относится к фабрикам, выпускающим коксовый концентрат. При обогащении энергетических углей нормы качества товарной продукции ниже, поэтому МВС может применяться периодически при появлении в сырьевой базе фабрики углей с высокозольным рядовым шламом.

Применение МВС позволяет извлекать легкие и промпродуктовые фракции из зернистой составляющей текущих отходов флотации, снижать содержание серы в концентрате при условии наличия серы в виде пирита.

Нижний предел крупности питания винтовых сепараторов находится пределах 0,1-0,15 мм, что дает возможность существенно снизить нагрузку на дорогостоящий процесс флотации.

Следует также отметить, что питание МВС нуждается в обезиливании по классу крупности 0,1-0,15 мм. Илистые частицы даже в центробежном поле сил не способны преодолевать вязкость среды разделения, направляются на флотацию, а зернистый материал может обогащаться двумя машинными классами.

Простота и широкий диапазон регулировок винтовых сепараторов позволяет получить низкосольный зернистый материал для присадки в питание вакуум-фильтров с целью повышения проницаемости осадка при обезвоживании.

Низкие эксплуатационные затраты при довольно высокой эффективности работы делают винтовые сепараторы одним из основных видов оборудования при разработке техногенных месторождений, возникших в результате деятельности угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий.

Анализ качественно-количественных показателей работы МВС показал, что ее применение позволяет снизить зольность исходного шлама на 10...30%, получив при этом концентрат с зольностью от 10 до 30%, отходы – от 70 до 85%. При наличии в шламе пиритных зерен обессеривание концентрата достигает 1%.

Нагрузка на один трехзаходный винтовой сепаратор в зависимости от характеристик исходного шлама составляет 8-10 т/ч, двухзаходный – 6-8 т/ч при содержании твердого в исходном до 500 кг/м<sup>3</sup>. Дальнейшее повышение содержания твердого приводит к ухудшению показателей разделения, снижение содержания твердого позволяет получить продукты с более высокими показателями, но при этом снижается производительность сепаратора по твердому.

К относительным недостаткам работы винтовых сепараторов относится выделение промпродукта в трехпродуктовом варианте исполнения. Падение спроса на промпродукт делает его выделение как товарного ненужным.

В целом, недорогие, с низкими эксплуатационными затратами и при этом довольно высокоэффективные в работе винтовые сепараторы в настоящее время являются одним из наиболее приемлемых аппаратов для обогащения угля в диапазоне крупности 0,1-3 мм.

### Список литературы

1. Митчелл Д.Р. Обогащение угля. – Ленинград: Углетехиздат, 1956. – 706 с.
2. Полулях А.Д., Кирнарский А.С., Бутенко Н.А. Современные технологии обогащения угольных шламов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2001. – Вип. 11(52). – С. 22-31.
3. Перепелкина М.С. Проблемы и перспективы обогащения антрацитовых штыблов и шламов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2001. – Вип. 11(52). – С. 32-36.
4. Мамренко В.Г. Применение винтовых аппаратов в технологических схемах обработки угольных шламов // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2000. – Вип. 7(48). – С. 81-88.
5. Кирнарский А.С. Научные основы технологии мокрой винтовой сепарации: Дис...д-ра техн. наук. – Днепропетровск: НГА Украины, 2000. – 330 с.
6. Совершенствование технологии обезвоживания флотоконцентрата на ЦОФ "Добропольская" / Е.А. Гончаренко, К.Ф. Китап, В.Ф. Нелепов и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2002. – Вип. 16(57). – С. 78-84.
7. Беринберг З.Ш., Мехальчишин В.С., Мамренко В.Г. Винтовые аппараты и углеобогачительных фабриках // Уголь Украины. – 1998. – №1. – С. 48-52.
8. Фоменко Т.Г., Бутовецкий В.С., Погарцева Е.М. Водно-шламовое хозяйство углеобогачительных фабрик. – М.: Недра, 1974. – 270 с.

© Мамренко В.Г., Сокур А.К., 2010

*Надійшла до редколегії 25.04.2010 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*